



全国高等农林院校“十一五”规划教材

分析化学

康立娟 申凤善 主编

 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

分析化学

康立娟 申凤善 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学 / 康立娟, 申凤善主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 12

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 7-109-11268-3

I. 分... II. ①康...②申... III. 分析化学-高等学校-教材 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 133663 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 曾丹霞

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 20

字数: 348 千字

定价: 26.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据全国高等农业院校分析化学(I)教学基本要求,并结合部分高校的教学实践,同时参考了近年来分析化学的学科进展综述和国内外最新的分析化学教材编写而成的。可作为高等农林院校各专业分析化学课程教材,也可供从事分析化学教学和科研人员及自学者阅读参考。

全书共分13章。内容包括定性分析、误差与数据处理、滴定分析概论、四大滴定法(酸碱滴定、沉淀滴定、配位滴定、氧化还原滴定)、重量分析法、吸光光度法、电位分析法、光谱及色谱分析法、定量分析中常用的分离和富集方法及定量分析的一般步骤等内容。

为适应21世纪社会对人才素质和能力的要求,同时体现新世纪本学科的发展变化,本书在保证基本教学内容的前提下,适当增加了仪器分析的比重和本学科前沿知识介绍,加大了与其他相关学科的渗透力度,尽可能反映本学科最新科技成果。

主 编 康立娟 申凤善

副主编 赵成爱 姜 彬 刘衣南

参 编 (按姓氏笔画排序)

于晓斌 王大鹏 朴守凤 李永库

李铭芳 范海林 徐凤英 梁大栋

主 审 赵明宪

前 言

本书作为全国高等农林院校“十一五”规划教材,是根据全国高等农业院校分析化学教学研讨会上制定的分析化学(I)教学基本要求,并结合各参编院校多年的教学实践经验编写的。适合于高等农林院校各专业分析化学课程教材,也可作为科研、生产部门有关科技人员的参考用书。

分析化学是高等农林院校的一门重要基础课程,通过本课程的学习,使学生掌握分析化学的基本原理、分析方法和基本操作技能,培养学生严谨的科学态度,提高发现问题、分析问题和解决问题的能力,为后续课程的学习和将来从事生产实践和科学研究打下坚实的基础。

现代科学技术的进步,促进了分析化学的飞速发展,使之成为一门以多学科为基础的综合性学科。其任务也从单纯的提供数据逐步上升到解决实际问题。为体现分析化学的这种变化,并考虑当前高校“扩招”下大多数学生的基础水平和接受能力,在教材内容的选择上,注意体现农业院校的特点,力求适应农业发展的新形势;加大与相关学科的渗透力度;增大仪器分析及农业样品的测定等内容的比重;在保证本学科科学性的前提下,注意其系统性和先进性,每章配合主干内容增加了一些科普常识和学科发展前沿介绍等内容,旨在扩大学生的知识面,培养创新意识。

本书各种物理量的符号、单位和书写形式统一于国际单位和我国的法定计量单位及量和单位的国家标准 GB 3102.8—93 的规定。各种化学常数均取自权威化学手册,数据准确可靠。每章后有一定数量紧紧围绕教学内容的思考题和要求熟练掌握计算的练习题,书后还附有习题答案,供学习者使用。

本书由吉林农业大学康立娟和延边大学申凤善任主编。参加编写的人员有:吉林农业大学赵成爱、范海林、于晓斌、梁大栋、王大鹏,延边大学朴守凤,黑龙江八一农垦大学徐凤英,江西农业大学李铭芳,东北农业大学姜彬,沈阳农业大学刘衣南、李永库。由康立娟教授修改、补充和定

稿，吉林农业大学赵明宪教授担任主审。

在本书的编写过程中，各参编院校给予了大力支持，特别是得到了中国农业出版社和吉林农业大学教务处的热情相助。在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，恳请同行专家及读者批评指正。

编 者

2006 年 8 月于长春

目 录

前言

绪论	1
一、分析化学的任务和作用	1
二、分析化学的分类	2
三、分析化学的发展趋势	5
【阅读材料】 分析仪器的发展和诺贝尔奖获得者	6
思考题	8
第一章 定性分析概论	9
第一节 概述	9
一、定性分析的任务和方法	9
二、定性分析反应的条件	9
三、定性分析反应的灵敏性和选择性	10
四、空白试验和对照试验	12
五、分别分析和系统分析	12
第二节 常见阳离子的定性分析	13
一、常见阳离子的性质及分析特性	13
二、阳离子的分组方法	14
第三节 常见阴离子的定性分析	16
一、常见阴离子的性质及分析特性	16
二、阴离子的分别分析	18
第四节 物质定性分析的一般步骤	24
一、试样的观察和准备	24
二、初步试验	25
三、阳离子分析	26
四、阴离子分析	26
五、分析结果的判断	27
【阅读材料】 常见有机物定性分析方法	27
本章小结	28
思考与练习题	29

第二章 误差与数据处理	30
第一节 误差及其产生的原因	30
一、系统误差	30
二、随机误差	31
第二节 误差与偏差的表示方法	32
一、准确度和误差	32
二、精密度和偏差	33
三、准确度和精密度的关系	35
四、提高分析结果准确度的方法	36
第三节 有限次实验数据的处理	38
一、随机误差的分布规律	38
二、置信度和置信区间	41
三、可疑数据的取舍	42
四、显著性检验	44
五、分析结果的报告	46
第四节 有效数字及其运算规则	47
一、有效数字	47
二、有效数字的修约和计算规则	48
【阅读材料】 分析质量评价与控制	49
本章小结	51
思考与练习题	51
第三章 滴定分析概论	54
第一节 概述	54
一、滴定分析过程和方法特点	54
二、滴定分析法的分类和对滴定反应的要求	54
三、滴定分析法的滴定方式	55
第二节 滴定分析中的标准溶液	56
一、标准溶液浓度的表示方法	56
二、标准溶液的配制与标定	57
第三节 滴定分析计算	59
一、滴定分析计算原理	59
二、滴定分析计算示例	60
第四节 滴定分析误差	65
一、称量误差	65

二、测量体积的误差	66
【阅读材料】 标准物质	67
本章小结	69
思考与练习题	69
第四章 酸碱滴定法	72
第一节 酸碱溶液中酸碱度的计算简介	72
一、处理酸碱平衡的方法——质子条件	72
二、酸碱溶液中酸碱度的计算	73
第二节 酸碱指示剂	77
一、酸碱指示剂的变色原理	77
二、酸碱指示剂的变色范围	78
三、影响酸碱指示剂变色范围的因素	79
四、混合指示剂	80
第三节 酸碱滴定原理	80
一、一元酸碱的滴定	81
二、多元酸和混合酸的滴定	86
三、多元碱和混合碱的滴定	88
第四节 酸碱滴定的终点误差	91
一、酸碱滴定中 CO_2 的影响及消除	91
二、强酸、强碱的滴定终点误差	92
三、弱酸、弱碱的滴定终点误差	93
第五节 酸碱滴定法的应用	95
一、铵盐中氮含量的测定	95
二、磷的测定	96
三、醛的测定	97
【阅读材料】 非水溶液中的酸碱滴定	97
本章小结	99
思考与练习题	100
第五章 沉淀滴定法	103
第一节 银量法滴定终点的确定	103
一、莫尔 (Mohr) 法	103
二、佛尔哈德 (Volhard) 法	105
三、法扬司 (Fajans) 法	108
第二节 银量法应用示例	109

一、水样中氯含量的测定	109
二、有机卤化物中卤素的测定	109
三、血清中氯化物的测定	110
【阅读材料】 银量法的滴定曲线	110
本章小结	111
思考与练习题	112
第六章 配位滴定法	114
第一节 概述	114
第二节 EDTA 及其金属配合物的性质	115
一、EDTA 的性质与离解	115
二、EDTA 的金属配合物	116
第三节 副反应对配位滴定的影响	118
一、配位反应的复杂性	118
二、酸效应及酸效应系数	118
三、配位效应及配位效应系数	120
四、条件稳定常数	120
第四节 配位滴定法原理	121
一、准确滴定条件和酸效应曲线	121
二、配位滴定曲线	123
三、影响滴定突跃范围的因素	125
第五节 金属指示剂	126
一、金属指示剂的作用原理和条件	126
二、金属指示剂的选择原则	127
三、常用金属指示剂简介	128
第六节 提高配位滴定选择性的方法	130
一、共存离子准确滴定条件	130
二、提高配位滴定选择性的方法	131
第七节 配位滴定方式和应用	133
一、配位滴定方式	133
二、EDTA 标准溶液的配制和标定	134
三、配位滴定结果计算	134
【阅读材料】 新型螯合剂	134
本章小结	135
思考与练习题	136

第七章 氧化还原滴定法	138
第一节 氧化还原反应基本知识	138
一、条件电极电势	138
二、氧化还原反应进行的程度	139
三、氧化还原反应的速率及影响因素	140
第二节 氧化还原滴定曲线	142
一、氧化还原滴定曲线的绘制	142
二、影响氧化还原滴定突跃范围的因素	144
第三节 氧化还原滴定中的指示剂	145
一、自身指示剂	145
二、特殊指示剂	145
三、氧化还原指示剂	146
第四节 常用氧化还原滴定法	148
一、高锰酸钾法	148
二、重铬酸钾法	150
三、碘量法	151
【阅读材料】 氧化还原滴定法的应用实例	154
本章小结	155
思考与练习题	156
第八章 重量分析法	158
第一节 概述	158
一、重量分析法的分类和特点	158
二、重量分析法对沉淀的要求	159
第二节 沉淀的溶解度及其影响因素	159
一、沉淀的溶解度	160
二、影响沉淀溶解度的因素	160
第三节 沉淀的形成和沉淀的纯度	163
一、沉淀的类型和形成过程	163
二、沉淀的纯度	164
第四节 沉淀条件的选择	166
一、晶形沉淀的沉淀条件	166
二、无定形沉淀的沉淀条件	167
三、均匀沉淀法	167
第五节 重量分析的计算和应用示例	168

一、重量分析结果计算	168
二、重量分析法应用示例	169
【阅读材料】 热重分析法	170
本章小结	171
思考与练习题	172
第九章 吸光光度法	173
第一节 吸光光度法的基本原理	173
一、光的基本性质	173
二、物质的颜色和光的选择吸收	174
三、朗伯-比耳定律及其偏离原因	175
第二节 显色反应及显色条件的选择	179
一、显色反应的要求	179
二、显色条件的选择	180
第三节 吸光光度分析的方法及仪器	181
一、光度分析法的类型	181
二、光度分析的测定方法	182
三、光度分析法的仪器	182
第四节 光度测量误差和测量条件的选择	184
一、光度测量误差	184
二、测量条件的选择	186
第五节 吸光光度法的应用	186
一、示差法	186
二、溶液中多组分的测定	188
三、配合物组成的测定	189
四、其他方面的应用	189
【阅读材料】 紫外-可见分光光度分析的现状与展望	189
本章小结	191
思考与练习题	191
第十章 电位分析法	193
第一节 概述	193
第二节 电位法测定溶液的 pH	194
一、电位法中使用的电极	194
二、溶液 pH 的测定	198
第三节 离子选择性电极	199

一、离子选择性电极的分类	199
二、离子选择性电极的性能	202
三、离子活度的测定	204
四、离子选择性电极的应用	207
第四节 电位滴定法	207
一、电位滴定法的仪器装置及测定原理	207
二、电位滴定法的终点确定方法	208
三、电位滴定法的应用	210
【阅读材料】 生物电分析	211
本章小结	212
思考与练习题	213
第十一章 光谱法及色谱法简介	215
第一节 原子吸收光谱法	215
一、基本原理	215
二、原子吸收分光光度计	216
三、定量分析方法	218
四、应用	219
第二节 原子发射光谱分析法	220
一、光谱分析的主要仪器设备	221
二、光谱分析方法	223
第三节 色谱分析法	227
一、概述	227
二、气相色谱分析基本理论	229
三、气相色谱分析方法	234
【阅读材料】 质谱分析法简介	239
本章小结	239
思考与练习题	240
第十二章 定量分析中常用的分离分析	241
第一节 沉淀分离法	241
一、无机沉淀分离法	241
二、有机沉淀分离法	243
三、共沉淀分离法	245
第二节 萃取分离法	245
一、溶剂萃取的基本原理	246

二、萃取的系统与条件	248
第三节 色谱分离法	251
一、柱色谱法	251
二、纸色谱法	252
三、薄层色谱法	253
第四节 离子交换分离法	254
一、离子交换树脂及其特性	254
二、离子交换平衡和选择性	255
三、离子交换操作	256
四、离子交换色谱法	257
【阅读材料】 无机膜分离技术	257
本章小结	259
思考与练习题	259
第十三章 定量分析的一般步骤	260
第一节 样品的采取和调制	260
一、试样的采取	260
二、分析试样的制备	263
三、湿存水的处理	265
第二节 试样的分解处理	265
一、无机试样的分解	265
二、有机试样的分解	269
第三节 分析方法的选择原则	270
一、被测组分的性质和含量	270
二、测定的具体要求和条件	271
三、共存组分的影响	271
【阅读材料】 植物样品的采集技术	271
本章小结	274
思考与练习题	274
附录	275
附录 1 常见阳离子与常用试剂的反应	275
附录 2 常用基准物质的干燥条件和应用范围	276
附录 3 一些常见弱酸、弱碱在水中的离解常数 $K^{\ominus}$	277
附录 4 常用酸碱指示剂	277

目 录

附录 5	常见难溶电解质的溶度积 $K_{\text{sp}}^{\ominus}$ (298 K)	278
附录 6	EDTA 配合物的稳定常数 $\lg K_{\text{f}}^{\ominus}(\text{MY})$	280
附录 7	配合物的稳定常数 (291~298 K)	281
附录 8	标准电极电势表 (298 K)	286
附录 9	条件电极电势 $\varphi^{\ominus'}$	288
附录 10	常用酸溶液的密度和浓度	291
附录 11	一些化合物的相对分子质量	291
附录 12	相对原子质量表 (1995 年)	294
附录 13	汉英对照常用分析化学术语	295
练习题参考答案		297
主要参考文献		299

绪 论

一、分析化学的任务和作用

分析化学是发展和应用各种方法、仪器和策略以获得有关物质在空间和时间方面组成和性质信息的一门学科，是使用和有赖于化学、物理学、数学、信息学和生物学定律的一门综合性学科，要回答的是一个在理论上和实际中都很重要的问题：物质世界是如何组成的。

分析化学按其任务分为成分分析和结构分析，但目前仍以成分分析为本课程的基本内容。目的是寻找存在于一个系统中化学组分的类型和数量。主要分为定性分析和定量分析两部分。前者是鉴定物质所含的组分（元素、离子、基团或化合物）；后者则是测定各组分的相对含量。在定量分析之前必须清楚试样的来源和组成情况。原则是先做试样的定性分析，然后再进行定量分析。因为定量分析方法的选择要考虑到试样中存在的干扰成分、含量，以及怎样消除干扰等问题。对已知组分的试样可直接选择合适的定量分析方法测定组分的含量。

分析化学是一门工具科学，在科学研究上可以帮助我们扩大和加深对于自然界的认识，起着“眼睛”的作用。它几乎与国民经济的一切部门有着密切联系，在生产和科研中有十分重要的实际意义。例如，农业方面，对于土壤的性质、灌溉用水、化肥、农药以及农作物生产过程的研究等都用到分析化学；在工业方面，如矿山开发、资源勘探、工业原料选择、工艺流程控制、产品检验、新产品试制以及“三废”利用等都靠分析化学提供数据进行研究；在科研方面，分析化学已渗透到许多学科领域，如生物学、医药学、天文学、地质学、矿物学、海洋学、国防科学、材料科学、环境化学以及考古学等。任何研究课题，大都需要分析化学为研究手段，去解决具体问题。像公安部门在侦察、破获刑事犯罪活动时也经常需要分析化验工作的配合。所以分析化学有各行业的“眼睛”、科研的“参谋”之称。可以说现代分析化学在促进其他学科的发展和直接为国民经济、国防建设服务方面，不仅影响着人们物质文明和社会财富的创造，而且还影响解决有关人类生存（如环境、生态等）和政治决策（如资源、能源开发）等重大社会问题，成为衡量一个国家科技水平的标志之一。